



TITLE:

バックワード・フォトンエコー(
Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

藤田, 雅幸

CITATION:

藤田, 雅幸. バックワード・フォトンエコー. 京都大学, 1981, 理学博士

ISSUE DATE:

1981-03-23

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/222969>

RIGHT:

氏 名	藤 田 雅 幸 ふじ た まさ ゆき
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 668 号
学位授与の日付	昭 和 56 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理 学 研 究 科 物 理 学 第 一 専 攻
学位論文題目	バックワード・フォトンエコー

論文調査委員 (主 査) 教 授 端 恒 夫 教 授 富 田 和 久 教 授 中 井 祥 夫

論 文 内 容 の 要 旨

申請者の主論文における研究は、三つの光パルス照射した際に、励起光の一部に反平行に生ずるフォトンエコー（バックワード・フォトンエコー）を観測した実験を中心に、その理論的考察及びそれに関連した応用を述べたものである。

三つのパルスを用いるエコー現象は磁気共鳴の場合には stimulated echo としてよく知られているが、光領域に於ては三つの入射光とエコーの波数ベクトルの間に位相整合の四辺形が形成されなければならないという条件が加わる。申請者は不均一巾の起因の異なる固体及び気体を統一的に考察し、三パルスエコーの場合には波数ベクトルの組合せとして、同一平面内に限る場合、5通りの可能性があることを導いている。そのうちの3通りではエコーは入射光の一つと反平行になって居りバックワードエコーが形成されることが期待される。又これらの場合にはエコーの波面の位相が入射光の位相と複素共役になっている。

バックワードエコーの最初の実験的検証は Na 原子の D_1 遷移を用いて行われている。励起光源としては窒素レーザ励起による色素レーザ（波長 5896 nm, ピーク出力約 1 kw, スペクトル巾約 0.5 cm^{-1} , パルス巾約 2.5 ns）が用いられた。この出力は三つに分けられ適当な遅延を加えた後試料に照射される。第一パルスと第二パルスは約 20 mrad の角度をつけて略同方向に、第三パルスは第一パルスと反平行に加えられる。この時エコーは第二パルスに反平行に放出される。この組合せは上述の位相整合条件を満足するものの一つである。又この組合せでは励起パルスとエコーの偏光方向が垂直になるのでエコーの検出に便利である。この偏光の選択によって入射光の光検出器へのもれは光シャッターなしでも入射光強度の約 10^{-9} 倍に減衰させることが出来、容易にエコー信号が検出された。

このエコーは stimulated echo 型のもので、エコーを生ずるメモリーは第一パルスと第二パルスの間では密度行列の非対角要素（分極）として、第二パルスと第三パルスの間では対角要素（準位の分布数）として蓄えられる。この特性により気体の場合には位相変化衝突と速度変化衝突の効果を分離して測定することが出来る。申請者は緩衝気体としてアルゴンを用い、種々の圧力（数 Torr 程度）のもとにエコーの減衰を測定した。その結果位相変化衝突による減衰係数が求められ、速度変化衝突による減衰はそれに

比べて充分小さいことがわかった。

バックワードエコーの実験的な特徴の一つは、光シャッターを用いることなくエコーを観測出来ることである。これはピコ秒領域の実験に極めて有用である。申請者は Na 原子 D_1 線について緩衝気体アルゴンの圧力を数 10 Torr 程度に高くした状態でピコ秒領域バックワードフォトンエコーの観測を行った。光源としてはモードロックアルゴンレーザで励起されたモードロック色素レーザの出力を増巾したものをを用いた。励起パルス及びエコーの波数ベクトルの方向はナノ秒領域の実験に使用したものと同様である。パルス巾は 10 ps 程度、第一パルスと第二パルスの間隔は約 100 ps、第一パルスと第三パルスの間隔は約 1 ns 程度である。エコー波形の観測にはストリークカメラを用いた。その結果基底状態 $3S_{1/2}$ の超微細準位分裂 (1.77 GHz) によるエコー波形の変調 (量子ビート) を観測することが出来た。

又同様の手法を用いて Na_2 分子に対するバックワードエコーをナノ秒及びピコ秒領域で観測した。これによって基底状態 $X\Sigma$ バンドから励起状態 $B\Pi$ バンドへの遷移について、エコー減衰定数の測定から緩衝気体アルゴンとの衝突断面積が求められた。衝突半径は 12.7 Å (X-A 遷移), 13.0 Å (X-B 遷移) であった。これらは分子の原子間距離 3.1 Å に比しかなり大きい。又 Na 原子に対して求められた衝突半径 10.4 Å も原子半径 1.9 Å に比し大きい。何れも位相変化衝突の半径として理解される。

参考論文その 1 は本論文の前駆をなすもの、その 2 は本論文に関連する理論解析をやゝ詳しく述べると共に自由才差減衰への応用を論じたものであり、その 3 はピコ秒フォトンエコーに関する速報である。

論文審査の結果の要旨

フォトンエコーは磁気共鳴におけるスピンエコーの光アナログであるが、光の波長が試料の大きさに比べて小さいため、スピンエコーの場合には問題とされなかった位相整合条件が重要な役割を演ずる。

申請者は三つのパルスを用いるフォトンエコーについてその生成機構を位相整合条件を含めて詳しく吟味し、入射光の方向を適当に選ぶことによって、入射光の一部に反平行なエコー (バックワードエコー) が放出される可能性を示した。申請者の理論的解析の注目すべき点はエコーの生成条件が気体と固体とは異なることに初めて着目し、夫々について別の条件のもとでバックワードエコーが放出されることを示したことである。バックワードエコーの生成については申請者とほぼ同じ時期に Shiren によって論じられているが、彼はこのエコーの生成は固体の場合には可能であるが気体の場合には不可能であると結論している。申請者の研究は Shiren の見落していた点を補足し統一的な解析を行うと共に、バックワードフォトンエコーの最初の実験に成功したものである。

実験は Na 原子及び Na_2 分子を用いて行われている。このエコーの特徴として位相変化衝突と速度変化衝突の断面積を分離して測定出来るということが理論的に期待されるが、申請者は緩衝気体アルゴンとの衝突についてこの特性を実証している。又バックワードエコーは励起光と反平行に放出されるため、複雑な光シャッター等を用いずに観測することが出来るという特性を有する。この特性は特に高速シャッターの得難いピコ秒領域の研究に極めて有用である。申請者は緩衝気体の圧力を高めた状態でピコ秒領域バックワードフォトンエコーを観測しこの有用性を実証すると共に、超微細構造による量子ビート等の興味ある現象を観測している。

要するに申請者の研究は位相整合条件及び気体と固体における不均一性の起因の相違を注意深く考慮して、新しい型のフォトンエコー生成の可能性を予測しその実験的検証を行うと共に、実験法としての有用性を示したもので、量子光学、特にコヒーレント過渡分光学の発展に貴重な寄与をなしたものと言うことが出来る。参考論文は何れも申請者の十分な学識と研究能力を示すものである。

よって本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。